

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-068030

出 願 人

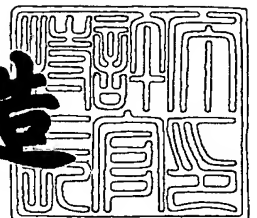
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2001年11月30日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3105870

【書類名】 特許願

【整理番号】 NT01P0092

【提出日】 平成13年 3月12日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 小藤 直行

【発明者】

【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所 笠戸事業所内

【氏名】 堤 貴志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 板橋 直志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 森 政士

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体装置の製造過程にあって、半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、 Cl_2 ガス、 BCl_3 ガス、および CH_2Cl_2 ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

半導体基板上にアルミニウムを含む金属の多層配線を形成する工程にあって、金属配線のエッチングの際に、 Cl_2 ガス、 BCl_3 ガス、および CH_2Cl_2 ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて行うよう構成したことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記混合ガスの圧力が 1.5Pa 以下 0.6Pa 以上であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

半導体基板上に TiN 層、 Al 層、 TiN 層の順に積層された構造の金属膜を形成する工程と、 Cl_2 ガスおよび BCl_3 ガスに、添加ガスとして CH_2Cl_2 ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、前記金属膜をエッチングする工程とを有し、かつ、前記 TiN 層のエッチング時には、前記 CH_2Cl_2 ガスの添加量を $0\sim 4\%$ とし、 Al 層のエッチング中には前記 CH_2Cl_2 ガスの添加量を $5\sim 30\%$ にしてなることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造方法に係わり、特に、半導体製造過程においてアルミニウム (Al) を含む金属膜をプラズマエッチングする工程を有する半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

メタル材料のプラズマエッチングでは、主たるエッチングガスである Cl_2 ガス、 BCl_3 ガスの混合ガスのプラズマを用いることが一般的である。

【0003】

また、微細加工プロセスでは、この他に、形状制御、すなわちサイドエッチ防止のための添加ガスとして、 CCl_4 ガス、 CHCl_3 ガス、 N_2 ガス、CHF系ガス、および可燃爆発性のCH系ガスを爆発限界以下に希釈したガスを混合することが一般的である。また、特開平9-251984号公報のように形状制御用のガスとしてCHBr系のガスを添加する方法も提案されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

メタル材料のプラズマエッチングで用いられる形状制御用の添加ガスの内、 CCl_4 ガスはオゾン層破壊物質であるため生産が制限されている。また、 CHCl_3 ガスも、発ガン性のため生産が縮小される方向にある。

【0005】

また、CHF系のガスのようにF元素を含むガスは、エッチング反応において生成される AlF が粒径の大きなパーティクルを生成する。このパーティクルによる歩留まり低下の問題のため量産適用できない。また、 N_2 についても、エッチング反応で生成される AlN がパーティクルを生成するため量産適用できない。

【0006】

また、CHBr系ガスのようにBrを含むガスは、エッチング中の微細パターンの側面に極めて強固な、形状制御のための側壁保護膜を作る。このため、側壁保護膜が薬液処理等で剥離できない問題ある。また、CH系ガスを希釈したガスは、形状制御作用のあるC元素の濃度が数%しかないため形状制御効果が小さい問題がある。

【0007】

そこで、本発明の目的は、将来にわたって安定供給でき、パーティクルの問題

が少なく、側壁保護膜の剥離の問題がなく、かつ、形状制御能力の高いエッチング法を提供し、信頼性の高い半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明では、形状制御用の添加ガスとして CH_2Cl_2 ガスを用いる。すなわち、 Cl_2 ガス、 BCl_3 ガス、 CH_2Cl_2 ガスの混合ガスのプラズマによって金属材料をエッチングする。

【0009】

本発明の構成を具体的にかつ代表的なものでいえば、本発明は、半導体装置の製造過程にあって、半導体基板上にアルミニウムを含む金属膜を堆積する工程と、 Cl_2 ガス、 BCl_3 ガス、および CH_2Cl_2 ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

【0010】

また、本発明は、半導体基板上にアルミニウムを含む金属の多層配線を形成する工程にあって、金属配線のエッチングの際に、 Cl_2 ガス、 BCl_3 ガス、および CH_2Cl_2 ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて行うよう構成したことを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

【0011】

また、本発明は、上記構成において、混合ガスの圧力が 1.5 Pa 以下 0.6 Pa 以上であることを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

【0012】

さらに、本発明は、半導体基板上に TiN 層、 Al 層、 TiN 層の順に積層された構造の金属膜を形成する工程と、 Cl_2 ガスおよび BCl_3 ガスに、添加ガスとして CH_2Cl_2 ガスを含む混合ガスのプラズマを用いて、金属膜をエッチングする工程とを有し、かつ、 TiN 層のエッチング時には、 CH_2Cl_2 ガスの添加量を $0\sim 4\%$ とし、 Al 層のエッチング中には CH_2Cl_2 ガスの添加量を $5\sim 30\%$ にしてなることを特徴とする半導体装置の製造方法を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】

(実施例1)

オゾン層破壊、発ガン性、可燃爆発性に関する特性について、 CH_2Cl_2 ガスと他のガスを比較した結果を、図1に示す。

【0014】

本発明による CH_2Cl_2 は、 CCl_4 や CHF 系のガスと異なってオゾン層破壊の問題がなく、また、 CHCl_3 と異なって発ガン性がない。このため、将来に渡って安定供給できる可能性が高い。また、 CH 系ガスや他の CHCl 系のガスと異なって難燃性の材料であるため、希釈せずに添加することができる。さらに、 CHF 系ガスや N_2 ガスと異なり、 N や F の元素を含まないためパーティクルの問題が少ない。また、 CHBr 系ガスと異なり Br を含まないため側壁保護膜の剥離の問題も少ないと考えられる。

【0015】

まず、安定供給が可能な添加ガスとして、 CH_2Cl_2 ガス、 CH_2Br_2 ガス、 CHF_3 ガス、 N_2 ガス、および CH_4 の8% Ar 希釈ガス（以下、 PR ガスと称す。）を選択してパーティクルの発生について調べた。各添加ガスと Cl_2 ガスおよび BCl_3 ガスの混合ガスのプラズマによってメタル材料の付いたウエーハをエッチングした場合の、パーティクルに起因する不良の発生率と、ウエーハ処理枚数の関係を図2に示す。ただし、各ウエーハ処理の間には、 O_2 ガスプラズマ放電、 Cl_2 ガスプラズマ放電による処理室内のプラズマクリーニングを実施している。

【0016】

N_2 や CHF_3 ガスの添加では、500枚の処理で不良発生率90%以上に達しているため、量産ラインで使用できない。これに対して、 CH_2Cl_2 ガス、 CH_2Br_2 ガスおよび PR ガス添加では、5000枚の処理でも不良発生率が10%未満に抑えられており、十分に量産適用可能と考えられる。

【0017】

次に、形状制御性について調べた。量産適用可能な PR ガス、 CH_2Cl_2 ガス、 CH_2Br_2 ガスを添加ガスとして選択し、各添加ガスと Cl_2 ガスおよび BCl_3

I_3 ガスの混合ガスのプラズマによってメタル材料の試料をエッチングした。ここでは、8インチ径のウエーハにTiN、Al、TiNの順に積層させ、その上にレジストマスクを形成させたものを試料として用いた。レジストマスクに対する寸法シフト量およびエッチング速度と、添加ガスの種類との関係を、図3に示す。図中、○印はエッチング速度 (nm/min) を示す。

【0018】

ここで、 Cl_2 分圧が低い場合、エッチング速度が減少する問題があるため、実用的な $600 \text{ nm}/\text{min}$ 以上のエッチング速度を維持するためには、少なくとも Cl_2 分圧を 0.5 Pa 程度以上に維持する必要がある。また、処理圧力が高い場合、寸法シフト量が増加する問題があるため、 100 nm 以下の実用的な寸法シフトを得るためには、処理圧力を 1.5 Pa 以下に抑制する必要がある。また、サイドエッチ抑制のためには、 Cl_2 ガスの20%程度の形状制御用ガスを添加する必要がある。

【0019】

PRガスの場合、形状制御用の CH_4 ガスが8%に希釈されているため、形状制御のために Cl_2 ガスの2.5倍程度のPRガスを添加する必要がある。このため、処理圧力が Cl_2 分圧の3.5倍程度に増大し、エッチング速度と寸法シフトの両立が非常に困難になる。従って、図3のように実用的なエッチング速度 $600 \text{ nm}/\text{min}$ を維持したPRガス添加では数百 nm 以上に寸法シフトが大きくなった。

【0020】

一方、 CH_2Cl_2 ガスや CH_2Br_2 ガスの場合、形状制御性のガスを希釈せずに使うことができる。このため、20%の形状制御用ガスを添加しても処理圧力は Cl_2 分圧の1.2倍程度に抑えられる。従って、 0.6 Pa から 1.5 Pa の広い範囲でエッチング速度と寸法シフトの両立が可能である。この結果として、 CH_2Cl_2 ガスや CH_2Br_2 ガスでは $800 \text{ nm}/\text{min}$ の実用的なエッチング速度を維持しつつ、 10 nm 程度に寸法シフトを抑制できた。

【0021】

以上のように、 CH_2Cl_2 ガスや CH_2Br_2 ガスの形状制御性が、PRガスに

比べ非常に高いことがわかる。

【0022】

さらに、 CH_2Cl_2 ガスと CH_2Br_2 ガスの場合について、エッチング処理後の試料にレジストマスク除去処理、薬液洗浄処理を施した。処理後の試料の断面形状を図4および図5に示す。

【0023】

図4に示した CH_2Br_2 ガスの場合の形状では、バリアTiN層1、Al層2、キャップTiN層3の側面およびキャップTiN層3の上面に側壁保護膜4が残っており、エッチング後の処理で側壁保護膜が剥離できない問題があることがわかる。なお、図中、5は半導体基板を示す。

【0024】

一方、図5に示した CH_2Cl_2 の場合の形状では、バリアTiN層1、Al層2、キャップTiN層3の側面や上面に側壁保護膜が全く残っておらず、側壁保護膜の剥離性が良いことがわかる。

以上の結果から、メタル材料のエッチングでは、ガスの安定供給、量産適用性、形状制御性、側壁保護膜の剥離性の4つの観点から、形状制御用の添加ガスとして CH_2Cl_2 ガスを用いることが望ましいことがわかった。

【0025】

(実施例2)

さらに高精度な形状制御のため、半導体基板上に形成された、TiN、Al、TiNの積層構造のエッチングにおいて、TiNのエッチング時には、 CH_2Cl_2 の添加量を0～4%に押さえ、形状制御が必要となるAl層のエッチング中のみに、5～30%に増やした。これによって、添加量一定でエッチングした場合に比べ、寸法シフト量が2分の1に低減されることがわかった。

【0026】

(実施例3)

図6は、本発明によるエッチング方法を半導体装置の多層配線工程に適用した例である。本配線工程では、(1)ケミカルベーパーデポジション法(CVD法)による酸化シリコン(TEOS)の堆積、(2)ホトリソグラフィー法による

レジストマスク作成、(3) レジストマスクに沿ったCF系ガスのプラズマによるTEOSのエッチングを順に行うことによって、Viaホールを作成する。作成したViaホールに、(4) スパッタ法によってTiNを埋め込んだ後、(5) CVD法によってWを埋め込む。

【0027】

次に、埋め込み工程でTEOS表面上に堆積した余剰なWおよびTiNを、(6) ケミカルメカニカルポリッシング法(CMP法)で除去し、(7) 薬液による洗浄を行う。CMP後のTEOS表面に、(8) スパッタ法によるTiNの堆積、(9) スパッタ法によるAl-Cu混晶の堆積、(10) スパッタ法によるTiNの堆積、(11) CVD法によるTEOSの堆積、(12) CVD法によるSiONの堆積を順に行った後、(13) リソグラフィ法によるレジストマスクのパターニングを行う。このレジストマスクに沿って、(14) CF系ガスによってTEOSをエッチングしTEOSマスクを形成する。

【0028】

形成されたTEOSマスクに沿って、(15) 本発明による Cl_2 、 BCl_3 、 CH_2Cl_2 の混合ガスのプラズマを用いてTiN、Al-Cu、TiNの積層膜をエッチングする。エッチング後、(16) 残ったレジストマスクを O_2 、 CF_4 の混合ガスのプラズマを用いて除去し、さらに、(17) 薬液で洗浄する。

【0029】

洗浄後の試料に、(18) CVDで絶縁材料を堆積後、(19) CMPによる平坦化、(20) 薬液による洗浄を順に施す。洗浄した試料を、再び工程(1)のCVDから順に繰り返し処理することによって多層配線が形成される。

【0030】

(15)のエッチング工程に CH_2Cl_2 ガスの添加を用いた、本発明による製造方法で作られた半導体装置の歩留まりは、90%であった。一方、(15)の工程でPRガスを使った場合は、断線不良やショート不良によって歩留まりが50%しか得られなかった。また、 CH_2Br_2 を用いた場合は、コンタクト抵抗が高く歩留まりが40%に低下した。また、 CHF_3 ガスを使った場合にはパーティクル不良のため歩留まりが10%に激減した。

【 0 0 3 1 】

以上のように、アルミニウムを含む多層配線の製造工程では、金属配線のエッチングの際に Cl_2 、 BCl_3 、 CH_2Cl_2 の混合ガスのプラズマを用いることで信頼性の高い半導体装置を作ることができる。

【 0 0 3 2 】

【発明の効果】

以上のように、本発明による半導体装置の製造方法を用いることで、高い信頼性を有する半導体装置を作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

各種の添加ガスの特徴を説明する図。

【図 2】

パーティクルに起因する不良の発生率とウエーハ処理枚数の関係を説明する図。

【図 3】

レジストマスクに対する寸法シフト量と添加ガスの種類の関係を説明する図。

【図 4】

CH_2Br_2 添加の場合のエッチング後処理後の試料の断面形状を示す図。

【図 5】

本発明による CH_2Cl_2 添加の場合のエッチング後処理後の試料の断面形状を示す図。

【図 6】

本発明によるエッチング方法を適用した半導体装置の多層配線工程の一例を説明する工程図。

【符号の説明】

1 … バリア TiN 層、 2 … Al 層、 3 … キャップ TiN 層、 4 … 側壁保護膜、
5 … 半導体基板。

【書類名】 図面

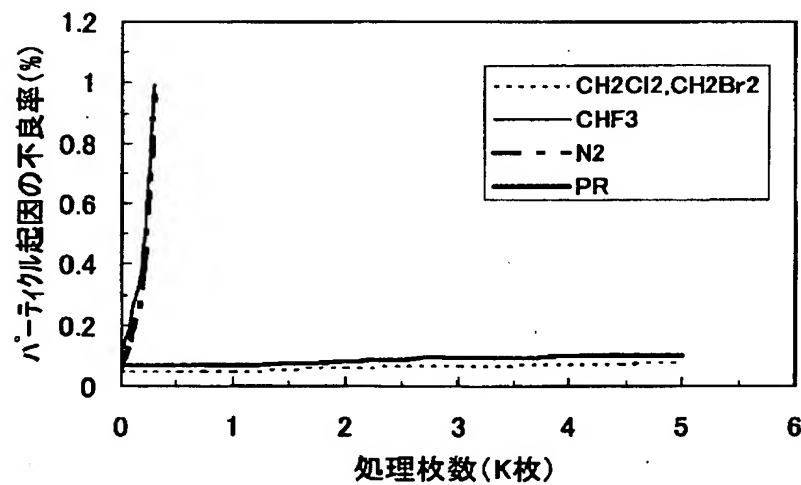
【図 1】

図 1

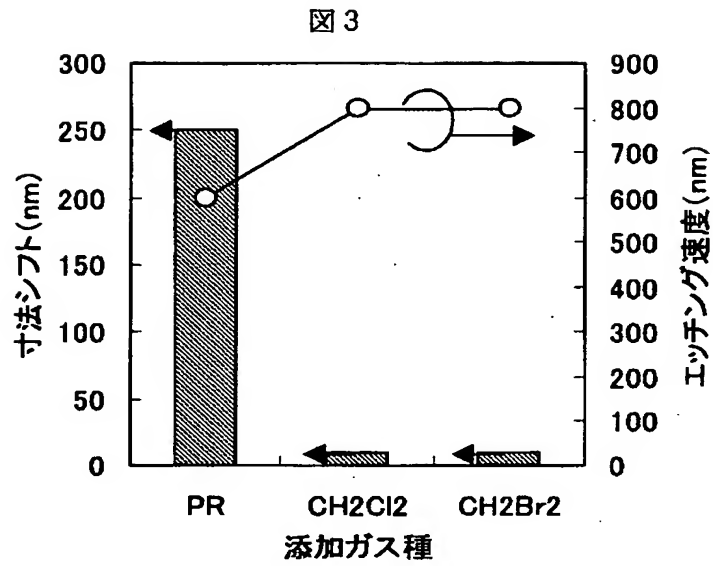
ガス種	可燃性	オゾン層破壊作用	発ガン性	ハ・テイル生成	側壁保護膜の剥離性
CCl ₄	なし	あり	なし	少ない	良
CHCl ₃	なし	なし	あり	少ない	良
CH ₂ Cl ₂	なし	なし	なし	少ない	良
CH ₃ Cl	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C ₂ H ₂ Cl ₂	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C ₂ H ₅ Cl	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C ₃ H ₆ Cl ₂	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C _x H _y	大気中で爆発	なし	なし	少ない	良
C _x H _y F _z	なし	一部あり	なし	多い	良
C _x H _y Br _z	一部あり	なし	なし	少ない	悪
N ₂	なし	なし	なし	多い	悪

【図 2】

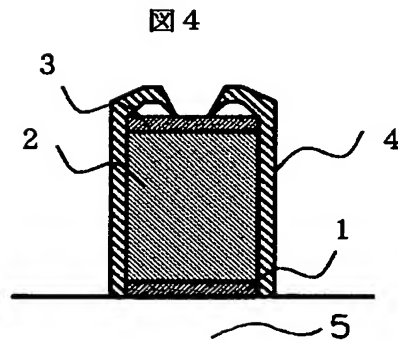
図 2



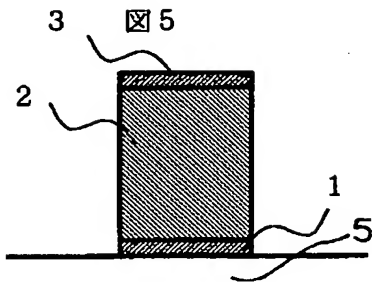
【図 3】



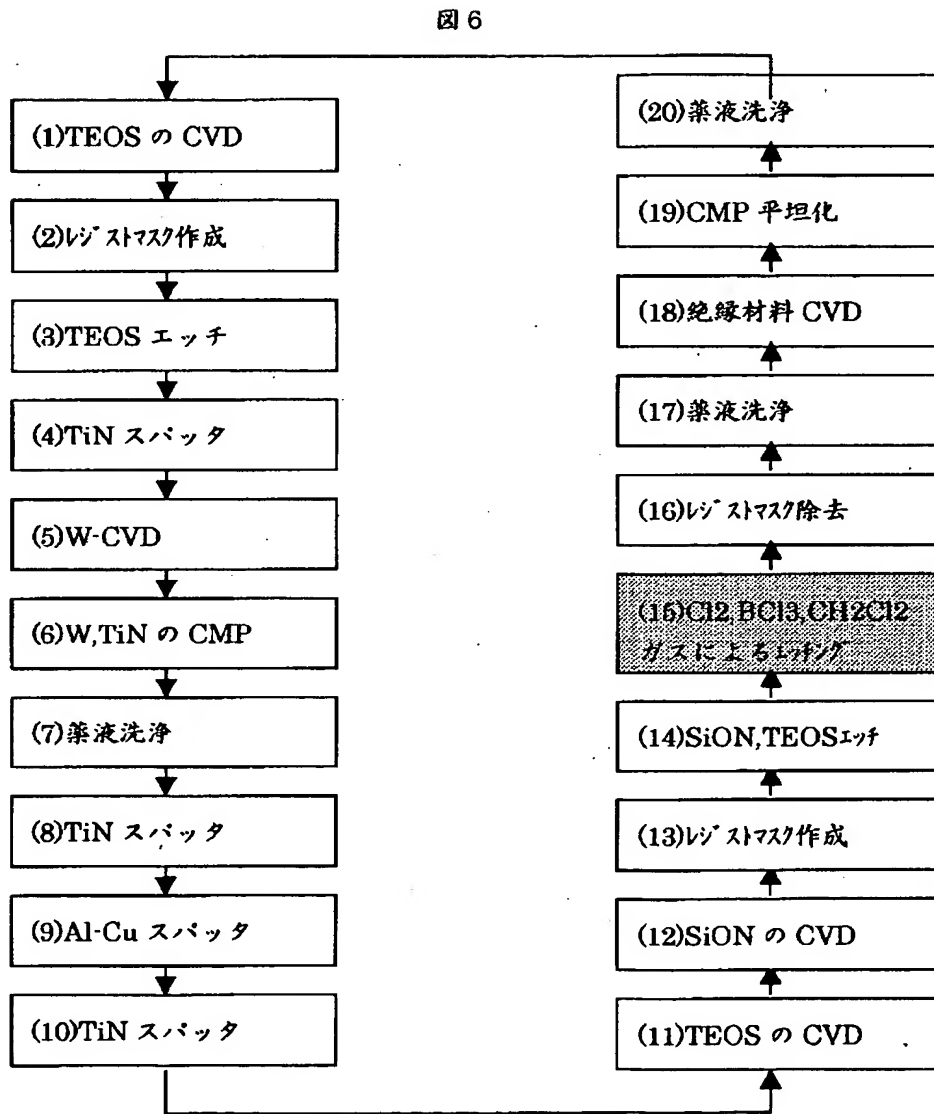
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

添加ガスが将来にわたって安定供給でき、パーティクルの問題が少なく、側壁保護膜の剥離の問題がなく、かつ形状制御能力が高いエッチング法を提供し、信頼性の高い半導体装置の製造方法を提供する。

【解決手段】

Cl_2 ガス、 BCl_3 ガス、 CH_2Cl_2 ガスの混合ガスのプラズマによって金属材料をエッチングする。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所